



Université Lille Nord de France
Pôle de Recherche
et d'Enseignement Supérieur

Ecole doctorale régionale Sciences Pour l'Ingénieur Lille Nord-de-France - 072



Titre : CARACTERISATION ET MODELISATION DES COMPOSANTS GAN POUR LA CONCEPTION DES CONVERTISSEURS STATIQUES HAUTES FREQUENCES

Financement prévu : Université Lille 1 et CNRS

Directeur de thèse : Nadir IDIR

E-mail : nadir.idir@univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse : Jean-Claude DE JAEGER

E-mail : jean-claude.dejaeger@iemn.univ-lille1.fr

Laboratoires : Laboratoire d'Électrotechnique et d'Électronique de Puissance (L2EP) de Lille - EA 2697
Institut d'Electronique, Microélectronique et Nanotechnologie (IEMN) - UMR CNRS 8520

Equipes : Électronique de puissance (L2EP) - Groupe : PUISSANCE (IEMN)

Introduction

La gestion de l'énergie électrique est assurée par des convertisseurs statiques dont les performances sont amenées à évoluer fortement du fait de l'arrivée sur le marché de composants semi-conducteurs de puissance à base de matériaux à grand gap et notamment le nitrure de gallium (GaN). En effet, les caractéristiques physiques de ces composants permettent une réduction considérable des pertes par conduction (faible résistance à l'état passant) et par commutation (vitesses de commutation élevées) ainsi qu'un fonctionnement à haute température, ce qui permet d'améliorer les rendements de conversion et la densité de puissance des convertisseurs. À cet effet, il est nécessaire de disposer, lors de la phase de conception, de modèles de composants valables sur une large plage de fréquences et intégrant le comportement fortement non-linéaire de ces composants. Ces modèles doivent être renseignés par des caractérisations préalables dans des conditions réelles d'utilisation de ces composants, incluant notamment des fortes valeurs de tension et de courant commutés.

Contexte scientifique

La modélisation des briques de base est une étape fondamentale dans le flot de conception de systèmes complexes intégrant éléments actifs, passifs et lignes d'interconnexions. Dans le cadre d'un projet de réalisation de convertisseurs de puissance innovants et à haut rendement, les composants HEMTs à base de nitrure de gallium (GaN) présentent des caractéristiques intrinsèques particulièrement adaptées aux conditions de fonctionnement requises. En ce sens, l'extraction de schémas électriques équivalents, obtenus à partir d'une caractérisation des composants, permet de prendre en considération les effets limitants. Ceux-ci incluent des descriptions analytiques (semi-physique) des évolutions du courant de drain et des capacités de couplages inter-électrodes.

Ainsi, les compétences conjointes de l'IEMN et du L2EP devraient permettre d'allier les contraintes de calibre en courant/tension de composants de puissance fonctionnant en commutation, avec les exigences de modélisation et conception à haute fréquence requises par l'utilisation des nouveaux composants GaN dans les convertisseurs statiques.

Objectifs

Le travail proposé dans le cadre de cette thèse consiste à comparer les mesures effectuées au L2EP à celles produites par l'IEMN et ainsi permettre de mettre en évidence la possibilité d'utiliser le savoir faire développé pour des schémas équivalents fonctionnant en hyperfréquence pour des applications du type convertisseur de puissance. Ces développements doivent permettre alors la réalisation de convertisseurs de puissance optimisés en vue de valider expérimentalement les méthodes proposées.

Contacts Co-encadrants: Arnaud.videt@univ-lille1.fr - Nicolas.Defrance@IEMN.univ-lille1.fr



Université Lille Nord de France
Pôle de Recherche
et d'Enseignement Supérieur

Ecole doctorale régionale Sciences Pour l'Ingénieur Lille Nord-de-France - 072



Titre : CHARACTERIZATION AND MODELLING OF GAN COMPONENTS FOR THE DESIGN OF STATIC CONVERTERS OPERATING AT HIGH FREQUENCY

Financement prévu : Université Lille 1 et CNRS

Directeur de thèse : Nadir IDIR

E-mail : nadir.idir@univ-lille1.fr

Co-directeur de thèse : Jean-Claude DE JAEGER

E-mail : jean-claude.dejaeger@iemn.univ-lille1.fr

Laboratoires : Laboratoire d'Électrotechnique et d'Électronique de Puissance (L2EP) de Lille - EA 2697
Institut d'Electronique, Microélectronique et Nanotechnologie (IEMN) - UMR CNRS 8520

Equipes : Électronique de puissance (L2EP) - Groupe : PUISSANCE (IEMN)

Introduction

Management of electric energy is ensured by DC-DC converters whose performances can drastically increase since high bandgap material (such as gallium nitride) are available in the market. The inherent physical properties of such GaN-based devices enable a substantial reduction of the conduction and commutation losses (thanks to the combined effects of both the low on-resistance and high frequency switching). The large bandgap of gallium nitride also enables to withstand high operating temperature, leading to an improvement of the conversion efficiency and power density as well. Hence, it becomes essential to supply adequate non linear electrical models, whose validation must be assessed over a large frequency range. These models arise from a set of electrical measurements, carried out under realistic working conditions, including important values of both pulsed voltages and currents.

Scientific Context

The adequate device modelling is essential as part of the design flow of complex circuits integrating passive, active elements and interconnection lines as well. In order to fabricate innovative power converters featuring high conversion efficiency, GaN-based transistors can be used since their physical properties are well suited to the dedicated operating conditions. Hence, adequate electrical modelling should take into account all the fundamental limitative effects such as self-heating and trapping effects. These models must include the non linear behavior of the drain current source and the capacitive coupling between the different electrodes. For this purpose, the combined skills of IEMN and L2EP will enable to extract physical models whose validation will be assessed at high bias/current levels and over a large frequency range. This strategy will enable to better exploit the potentialities of GaN material for the fabrication of reliable and efficient power converters.

Objectives

This work consist to implement and compare measurements carried out at L2EP and IEMN to establish non linear electrical models whose validation will be assessed under small and large signal conditions. These models will be essential to design and fabricate optimized power converter.

Contacts Co-encadrants: Arnaud.videt@univ-lille1.fr - Nicolas.Defrance@IEMN.univ-lille1.fr